

В. С. Мушников, В. И. Лихтенштейн, Н. А. Шакирова, В. В. Вьюхин,
Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

ДОЗНАЯ ОЦЕНКА ШУМОВ И ВИБРАЦИЙ

The system of dose characteristics is considered, which allows solving different tasks of labor medicine and industrial ecology taking into account the types of labor (shift work, watch work and experience dose) and human life safety.

Шумовое загрязнение окружающей (в том числе производственной) среды является одной из главнейших гигиенических проблем. По данным [1] в 2017 г. шум не соответствовал требованиям в 14,7 % от всех взятых проб, что выше показателя 2016 г. (14,3 %). По вибрации соответственно 8,1 % в 2017 г. против 6,8 % в 2016 г. Среди промышленных предприятий в 2017 г. 50 % не соответствовали требованиям по уровню шума. Здесь доля шума среди всех физических факторов составила 32,4 % (1 место), доля вибрации – 20,4% (3 место). Правда, имело место снижение значений обоих факторов примерно на 10 % по сравнению с 2016 г.

Однако гигиенические нормы шума ГН 2.2.4/2.1.8-562-96 [2] оценивают производственные и коммунальные шумы отдельно, что затрудняет оценку реальной шумовой нагрузки на работающее население при проведении социально-гигиенического мониторинга.

Доза – фундаментальная категория медицины труда, так как именно она определяет эффекты. Более строгим является термин «экспозиция» и он все чаще применяется в документах. Здесь под экспозицией понимается энергия физического фактора, а под дозой экспозиция в долях ее допустимой величины, основанной на ПДУ, т. е. относительная доза. Дозная оценка является развитием традиционной оценки по кинематическим параметрам (например, уровням шума или вибрации), но она имеет и ряд преимуществ. Разработана система дозных характеристик для решения разных задач медицины труда: сменная, суточная, вахтовая и стажевая [3]. Дозная оценка основана на правиле «равной энергии», при этом сменная доза аналогична эквивалентному (по энергии) значению за

смену. Стажевая доза мало применяется, ниже показан ее гигиенический потенциал.

Сменную дозу определяют по соотношению (1):

$$Д = \Sigma U_i^2 \times t_i / U_{\text{доп}}^2 \times t_{\text{доп}}, \quad (1)$$

где U_i – значение кинематического параметра (звукового давления, виброускорения и т. п.), соответствующие уровням L_i за время действия t_i ; $U_{\text{доп}}$ = ПДУ; $t_{\text{доп}} = 8$ ч (табл.1).

Таблица 1

Соотношение между уровнем шума или вибрации,
длительностью действия и дозой

Число доз	Суммарное время действия за смену					
	8 ч	4 ч	2 ч	1 ч	30 мин	15 мин
	Разность фактического и допустимого уровней, дБ					
0,25	-6	-3	0	2	6	9
0,5	-3	0	3	6	9	12
1	0	3	6	9	12	15
2	3	6	9	12	15	18
4	6	9	12	15	18	21
8	9	12	15	18	21	24
16	12	15	18	21	24	27
32	15	18	21	24	27	30

Эквивалентный (по энергии) уровень рассчитывают по таблице 2, а по таблице 3 определяют степень по повышению нормы при дозной оценке.

Таблица 2

Поправки к уровням в дБ на время действия фактора при расчете
эквивалентного уровня за 8-часовую смену.

Время за смену	8 ч	7 ч	6 ч	5 ч	4 ч	3 ч	2 ч	1 ч	30 мин	15 мин
Поправка, дБ	0	-0,6	-1,2	-2	-3	-4,2	-6	-9	-12	-15

Пример. Шум уровнем 100 дБ (А) действует в течении 2 часов в смену, тогда эквивалентный уровень за смену равен $100 - 6 = 94$ дБ (А). При ПДУ шума 80 дБ (А) превышение составит $94 - 80 = 14$ дБ (А) или по дозной оценке (табл. 3) – двадцать пять раз.

Соотношение между разностью уровней звука
(фактические минус допустимые) и отношением доз шума

Разность уровней в дБ (А)	Отношение доз	Разность уровней в дБ (А)	Отношение доз
-10	0,1	10	10
-9	0,12	11	12
-8	0,16	12	16
-7	0,2	13	20
-6	0,25	14	25
-5	0,32	15	32
-4	0,4	16	40
-3	0,5	17	50
-2	0,63	18	63
-1	0,8	19	80
0	1	20	100
1	1,2	21	120
2	1,6	22	160
3	2	23	200
4	2,5	24	250
5	3,2	25	320
6	4	26	400
7	5	27	500
8	6,3	28	630
9	8	29	800
10	10	30	1000

Вахтовую дозу определяют при особых формах организации труда (сезонные работы, экспедиции, вахты, рейсы и т. п.) (2):

$$D_{mn} = \sum \sum D_{ij}, \quad (2)$$

где D_{ij} – доза за смену, день или сутки; $i = 1, 2, 3$, m – число видов работ с разными дозами; $j = 1, 2, 3$, n – число смен для данного вида работ; $\sum n_i = K$ – общее число смен, отработанных в условиях повышенных уровней шума или вибрации.

Среднее значение дозы за рабочий цикл равно (3):

$$D_{Ncp} = D_{mn} / N, \quad (3)$$

где $N = K + P$ – общее число дней рабочего цикла, P – общее число дней работы вне контакта с вредным фактором (ремонтные работы, отдых и т. п.).

Такой подход позволяет оценить реальную нагрузку и необходимое число дней отдыха или работ со сниженным уровнем фактора.

В таблице 4 приведено соотношение необходимого числа дней работы в условиях пониженных уровней фактора при особых формах организации труда.

Таблица 4

Необходимое число дней работы с пониженной дозой (не более 0,5 $D_{\text{доп}}$)
при особых формах организации труда

Число дней работы в условиях повышенных доз	Повышенные дозы за каждый день работы, раз				
	2	4	8	16	32
	Число дней работы при дозе не более 0,5 $D_{\text{доп}}$				
1	1	2	3	4	5
3	3	6	9	12	15
6	6	12	18	24	30
9	9	18	27	36	45
12	12	24	36	48	60
18	18	36	54	72	90
24	24	48	72	90	120
30	30	60	90	120	150

Расчеты выполнены по соотношению $P_{0,5D} = K\sqrt{D/D_{\text{доп}}}$, где $P_{0,5D}$ – число дней работы при дозе не более 0,5 от допустимой, $D/D_{\text{доп}}$ – степень превышения по дозе. По таблице рассчитывают число дней отдыха или высоких его уровней во избежание кумуляции вредных эффектов.

Стажевая доза и безопасный стаж работы повышенных уровней фактора представляет повышенный интерес. В основе расчетов лежит правило «равной энергии», поэтому они применимы к любому физическому фактору.

Стажевую дозу рассчитывают по формуле (1) как сумму сменных доз за трудовой стаж. При наличии в профмаршруте рабочего разных уровней дозу определяют по формуле (4):

$$D_{UT} = \sum U_i \cdot k_i \cdot T_i, \quad (4)$$

где U_i – значение параметра вибрации (например) данной ручной машины, $k_i = t_i / 8$ – коэффициент среднесменной работы ею, T_i – стаж работы в данных условиях, $\sum T_i = T$ – общий стаж в профессии.

В логарифмическом выражении формула (4) предстанет в виде (5):

$$L_{ДУТ} = L_U + 10\lg(t/8) + 10\lg(T/T_0), \quad (5)$$

где L_U – скорректированный уровень вибрации, t - среднее время контакта с вибрацией за 8-ми часовую смену, T – стаж работы в виброопасной профессии в годах, $T_0 = 1$ год.

Формула (5) учитывает 3 важных гигиенических фактора: уровень фактора, создаваемый данной машиной, время работы с ней в смену и стаж работы в профессии. Уменьшение дозы возможно путем как снижения уровня (внедрение безопасной техники или борьба в источнике), так и ограничения времени действия (режим труда). Первые 2 члена формулы выражают эквивалентный уровень или среднесменную дозу, а с учетом 3-го члена – общую дозу за стаж. Стажевая доза позволяет оценивать и управлять риском (табл. 5).

Таблица 5

Стажевая доза и тактика профилактики

Формула (5)	$L_{ДУТ} = L_U + 10\lg(t/8) + 10\lg(T/T_0)$			
Параметр	Стажевая доза	Сменная доза	Стаж работы	
Меры профилактики	Работник*	Ограничение уровня фактора**	Защита временем***	
			Режим труда и отдыха	Трудовой контракт
Критерий оценки	Оптимум ↓↑	Минимум ↓	Минимум ↓	Максимум ↑

* Лечебно-профилактические меры по сохранению здоровья и трудового долголетия.

** Технические меры борьбы в источнике, по пути распространения, меры коллективной и индивидуальной защиты.

*** Административно-организационные меры.

Фактор времени учитывается в формуле 5 и таблице 5 двумя последними членами, при этом 2-ой член всегда отрицателен и уменьшает стажевую дозу («защита временем»), а 3-й член всегда положителен и увеличивает ее. Такое их соотношение показывает, что рациональный режим труда продлевает трудовое долголетие в профессии [4]. Это иллюстрирует гигиеническую тактику ограничения вредного фактора и позволяет количественно оценивать основные ее направления, т. е. эффективно управлять риском.

Суточную дозу шума [3] определяют энергетическим сложением парциальных доз за период работы, отдыха и сна по 8 ч каждый при сравнении фактических уровней звука для каждого периода с допустимым (6):

$$ДШ_{\text{сут}} = ДШ_{\text{раб}} + ДШ_{\text{отдых}} + ДШ_{\text{сон}}, \quad (6)$$

при этом каждую из доз определяют по соотношению (7):

$$ДШ = (p^2 \cdot t) / (p^2 \cdot t)_{\text{доп}}, \quad (7)$$

где: t – периоды работы, отдыха и сна по 8 ч каждый, p – фактические и допустимые значения звуковых давлений, которые соответствуют уровням звука в дБА фактическим и по таблице 6.

Таблица 6

**Предельные уровни звука для разных видов жизнедеятельности
при разных степенях риска**

Виды жизнедеятельности в течение 1 сут (24 ч)	Классы условий и степени риска			
	Оптимальные, риск отсутствует *	Допустимые, пренебрежимый риск *	Вредные, риск переносим с мерами защиты	Опасные (экстремальные), неприемлемый риск
Сон	15 дБА	30 дБА	45 дБА	60 дБА
Отдых	35 дБА	50 дБА	65 дБА	80 дБА
Работа	50 дБА **	80 дБА **	100 дБА	115 дБА

* В том числе для уязвимых групп.

** ПДУ с учетом напряженности напряженности труда 50–80 дБА

Поскольку в суточной дозе ее парциальные дозы нормированы относительно соответствующих ПДУ, то возможна как оценка общего эффекта, так и оптимизация шумового воздействия снижением той или иной его компоненты. Эта методика помогает оценивать реальную шумовую нагрузку и проводить шумовой мониторинг для охраны здоровья каждого жителя современного города.

Изложенная система дозных характеристик, основанная на правиле «равной энергии», применима к любым физическим факторам. Она позволяет решать разные задачи медицины труда и промышленной экологии с учетом видов труда (сменная, вахтовая и стажевая дозы) и жизнедеятельности человека (доза за сутки – работа, отдых и сон). Путем оптимизации составляющих доз и мер профилактики дозный подход позволяет оценивать и управлять риском, сохранять здоровье и продлевать трудовое долголетие.

Данная методика внедрена в учебный процесс в нашем университете как практическое занятие. Предлагается 25 вариантов практических заданий, решение которых позволяет успешно освоить предлагаемую методику расчета дозных характеристик для решения разных задач безопасности труда.

ЛИТЕРАТУРА

1. О соответствии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2017 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2018. – 268 с.

2. ГН 2.2.4/2.1.8-562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» (утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31.10.1996 № 36).

3. Денисов, Э. И., Овакимов, В. Г. Гигиеническая оценка производственных шумов и вибраций по экспозиции и дозе // Гигиена труда. – 1988. – № 4. – С. 36–40.

4. Денисов, Э. И. Доза вибрации и методы ее определения // Гигиена труда. – 1985. – № 2. – С. 19–22.